

PENGARUH PENERAPAN ROAD PRICING PADA RUAS JALAN ARTERI PRIMER DI KOTA MANADO (STUDI KASUS: JALAN SAM RATULANGI - PERTIGAAN PIKAT)

Muhammad Chaiddir Hajia

Semuel Y.R. Rompis, Freddy Jansen

Program Studi S2 Teknik Sipil Pasca Sarjana Universitas Sam Ratulangi Manado

e-mail: muhammadchaiddir1092@gmail.com

ABSTRACT

Manado city with an area of 157.27 m2. This city continues to grow and develop along with the development of the world of tourism which is one of the mainstays in the economic sector. With the development of the tourism world, this is very influential in the development of the transportation world, especially ground transportation. Land transportation in Manado city is dominated by mikrolet, taxi and bus. Due to the rapid increase in vehicles and increasing congestion level, one solution to overcome supply and demand problems in Manado City is by implementing mass transit or road pricing. For structuring the solution because there is taxi online which also develops in big cities and one of them is Manado, this solution cannot be used as an alternative to decrease congestion problem so the solution in this study is to implement road pricing. This research began with data collection of manual traffic volume for 15 hours to be calibrated with time data take it for 3 days to get the alpha and beta values with the equation developed by The Bureau of Public Road. Then precede with analysis traffic loading uses the War drop I Balance principle and Solver's assistance is a facility from Microsoft Excel to load traffic to find out road volume. From the results of the sensitivity analysis it can be concluded that the road pricing price will be used is Rp. 2500, -

Keywords : *arrrteri primer, road pricing.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Manado dengan luas wialayah sebesar 157,27 km² (BPS Kota Manado) terus tumbuh dan berkembang seiring dengan perkembangan dunia pariwisata yang merupakan salah satu andalan pada sektor ekonomi. Dengan berkembangnya dunia pariwisata maka sangat berpengaruh pada perkembangan dunia transportasi terutama transportasi darat. Transportasi darat di Kota Manado didominasi oleh mikrolet, taxi dan bus.

Sistem transportasi yang ada di Kota Manado khususnya sistem transportasi darat terus mengalami peningkatan yang cukup pesat dari tahun ke tahun. Meningkatnya volume kendaraan di Kota Manado dapat memicu kepadatan kendaraan sehingga menimbulkan kemacetan. Kemacetan lalu lintas adalah fenomena yang tidak asing bagi masyarakat di perkotaan termasuk masyarakat Kota Manado. Salah satu faktor penyebab timbulnya kemacetan di Kota Manado adalah perkembangan kegiatan ekonomi masyarakat yang begitu pesat sehingga memicu peningkatan volume kendaraan.

Pengaplikasian manajemen lalu-lintas yang masih kurang tepat disetiap kawasan turut menjadi penyebab timbulnya kemacetan lalu-lintas di beberapa ruas jalan, dan adanya ketidakseimbangan antara *supply* dan *demand* transportasi. *Supply* transportasi sebagai penawaran transporasi dari sistem transportasi yang terdiri dari ketersediaan prasarana atau jaringan jalan sarana atau alat angkutan dan sistem pengelolaan transportasi. Sedangkan *demand* transportasi sebagai permintaan atau kebutuhan transportasi terdiri dari perkembangan aktivitas dan perkembangan wilayah.

Karena peningkatan kendaraan yang berkembang yang begitu pesat dan tingkat kemacetan yang begitu meningkat maka salah satu solusi untuk menangani masalah *supply* dan *demand* di Kota Manado adalah dengan menerapkan *masstransit* atau *road pricing*. Untuk solusi *masstransit*, dikarenakan adanya *taxionline* yang juga berkembang di kota-kota besar dan salah satunya Kota Manado maka solusi ini tidak dapat dijadikan alternatif untuk mengurangi masalah yang kemacetan sehingga yang menjadi

solusi dalam penelitian ini adalah dengan menerapkan *road pricing*.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, pertanyaan yang hendak dijawab dalam penelitian ini adalah “Bagaimana Pengaruh Penerapan *Road Pricing* Pada Ruas Jalan Arteri Primer di Kota Manado? (Studi Kasus : Jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat)

Pembatasan Masalah

Agar pembahasan dan penyusunan tesis terarah dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan, adapun batas masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Fungsi volume – tundaan (*volume delay function*) menggunakan persamaan dari *The Bureau of Public Roads* (BPR).
2. Analisa sensitivitas tarif *Road Pricing* hanya dilakukan terhadap tarif *road pricing* Golongan I.

Tujuan Penulisan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kontribusi penerapan *road pricing* dalam mengurangi kemacetan.
2. Untuk mendapatkan nilai *road pricing* yang tepat.

Manfaat Penulisan

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi dan petunjuk bagi pemerintah Kota Manado khususnya Dinas Perhubungan dalam mengatur dan menata arus lalu lintas di Kota Manado
2. Memberikan masukan pada pemerintah Kota Manado mengenai solusi untuk mengatasi kemacetan.
3. Sebagai alat evaluasi bagi pemerintah Kota Manado untuk menentukan langkah-langkah selanjutnya.

STUDI PUSTAKA

Pengertian *Road Pricing*

Road Pricing merupakan kebijakan pemberlakuan jalan berbayar untuk setiap kendaraan yang melewatinya. ERP bertujuan mengurangi kemacetan di ruas jalan tertentu meski pada simpul jalan yang lain justru menambah kemacetan (Bisnis Indonesia, 2010).

Tempat dilakukannya pungutan jalan biasa disebut *restricted area*. Bila menggunakan kendaraan, setiap kali melewati *restricted area* tersebut pengguna kendaraan harus membayar.

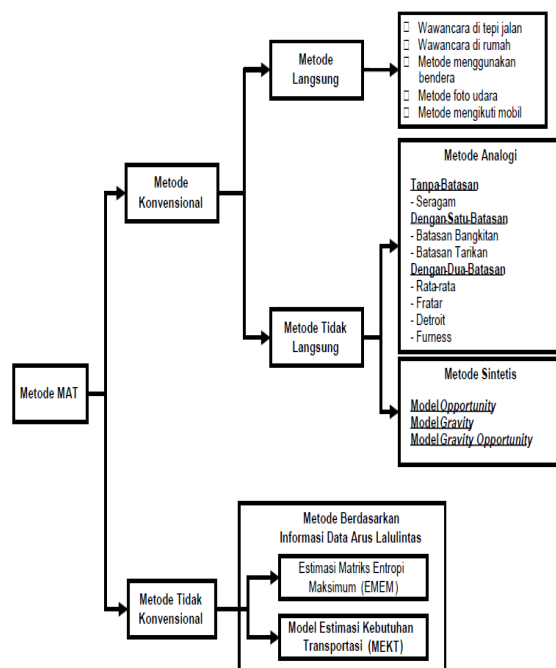
Konsep Perencanaan Transportasi

Terdapat beberapa konsep perencanaan transportasi yang telah berkembang sampai dengan saat ini, yang paling populer adalah “Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap”. Isi dari 4 tahap model transportasi itu antara lain:

- a. Bangkitan dan tarikan pergerakan (*Trip Generation*)
- b. Sebaran pergerakan (*Trip Distribution*)
- c. Pemilihan moda (*Modal Split*)
- d. Pembebanan Lalu Lintas (*Trip Assignment*)

Metode Untuk Mendapatkan Matriks Asal Tujuan (MAT)

Metode untuk mendapatkan MAT dapat dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu Metode Konvensional dan Metode Tidak Konvensional (Tamin, 2000). Kedua metode tersebut terbagi atas beberapa sub metode sebagaimana diperlihatkan, pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode MAT

Waktu Tempuh

Waktu tempuh (*Travel Time*) adalah waktu total perjalanan yang diperlukan, termasuk berhenti dan tundaan, dari suatu tempat ke tempat

lain melalui rute tertentu. Untuk kegiatan tempat-tempat ibadah, rekreasi, terminal.

Tundaan

Tundaan (*delay*) adalah waktu yang hilang akibat gangguan terhadap arus lalu lintas atau pengaturan sistem arus lalu lintas.

Jenis-jenis tundaan sebagai berikut:

A. Operational Delay (Akibat Friction)

a. *Side Friction* adalah tundaan yang diakibatkan oleh gangguan diantara komponen-komponen lalu-lintas di luar arus itu sendiri, misalnya: kendaraan yang parkir di badan jalan, adanya pejalan kaki yang mengganggu arus lalu lintas.

b. *Internal Friction* adalah tundaan yang diakibatkan oleh gangguan dalam arus itu sendiri, misalnya terdapatnya volume lalu lintas yang tinggi, kapasitas ruas jalan yang terbatas dan lain-lainya.

B. Fixed Delay

Pada bagian ini terdapat tundaan yang disebabkan oleh adanya pengaturan alat lalu lintas seperti *traffic light* dan rambu stop pada perlintasan kereta api.

Karakteristik Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas merupakan interaksi antara pengemudi, kendaraan dan jalan. Tidak ada arus lalu lintas yang sama bahkan pada keadaan yang serupa, sehingga arus pada suatu ruas jalan tertentu selalu bervariasi.

Volume Lalu lintas

Arus (volume) lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dalam suatu ruas jalan tertentu dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam. Pengukuran volume biasanya dilakukan dengan meletakkan alat penghitung pada tempat dimana volume tersebut ingin diketahui besarnya, atau dengan cara manual. Rumus seperti pada persamaan 1:

$$V = \frac{N}{T} \dots \dots \dots 1$$

Dimana :

- V : Volume Lalu Lintas
- N : Jumlah Kendaraan
- T : Interval Waktu

Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan dikonversi dari kendaraan perjam menjadi satuan mobil penumpang (smp) perjam dengan menggunakan ekivalensi kendaraan penumpang (emp). Faktor konversi untuk masing-masing

kendaraan seperti tercantum dalam Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1. Emp untuk jalan perkotaan tak terbagi

Tipe Jalan : Jalan Tak Terbagi	Arus Lalu Lintas total dua arah (kend/jam)	HV	emp	
			MC	Lebar Jalur Lalu-Lintas W_e (m)
			≤ 6	> 6
Dua-jalur tak-terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat-jalur tak-terbagi (4/2 UD)	0	1,3		0,45
	≥ 3700	1,2		0,25

Sumber : Tamin (2000)

Tabel 2. Emp untuk jalan perkotaan terbagi dan satu-arah

Tipe Jalan : Jalan Tak Terbagi	Arus Lalu Lintas total dua arah (kend/jam)	emp	
		HV	MC
Dua-jalur satu-arah (2/1D)	0	1,3	0,40
Empat-jalur terbagi (4/2D)	≥ 1050	1,2	0,25
Tiga-jalur satu-arah (3/1D) dan	0	1,3	0,40
Enam-jalur terbagi (4/2D)	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber : Tamin (2000)

Kecepatan (Speed)

Kecepatan adalah jarak yang dapat ditempuh dalam satu satuan waktu tertentu biasanya dinyatakan dalam satuan km/jam. Rumus seperti pada persamaan 2 :

$$S = \frac{L}{T} \dots \dots \dots 2$$

Dimana :

- S : Kecepatan
- L : Jarak Tempuh
- T : Interval Waktu

Kepadatan (Density)

Kepadatan didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan atau lajur tertentu, yang umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan perkilo meter atau satuan mobil penumpang perkilo meter (smp/km), atau kepadatan adalah jumlah kendaraan yang berada atau melewati ruas jalan dalam setiap satuan jarak.

Pengamatan dapat juga ditentukan dari besarnya arus pada ruas jalan dan kecepatan rata-ratanya dengan Rumus seperti pada persamaan 3:

$$D = \frac{V}{S} \dots \dots \dots 3$$

Dimana :

- D : Kepadatan Lalu Lintas
- V : Volume Lalu Lintas
- S : Kecepatan Rata-Rata

Atau dengan persamaan 4:

$$D = \frac{N}{L} \dots \dots \dots 4$$

Dimana :

- D : Kepadatan Lalu Lintas
- N : Jumlah Kendaraan
- L : Panjang Ruas Jalan

Hubungan Volume dengan Kecepatan dan Kepadatan

Kapasitas suatu potongan jalan menyatakan volume terbesar yang dapat lewat dengan menggunakan satuan mobil penumpang dibagi satuan waktu (smp/jam). Rumus umumnya adalah seperti pada persamaan 5:

$$V = S \times D \dots \dots \dots 5$$

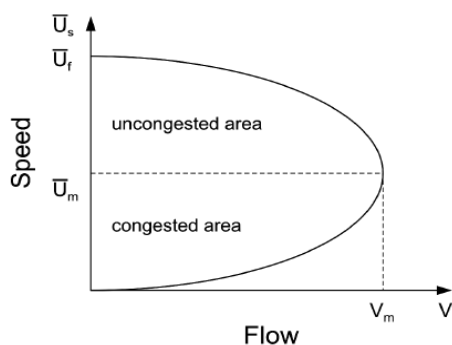
Dimana :

- V : Volume (smp/jam)
- S : Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
- D : Kepadatan (smp/km)

Volume pada suatu potongan jalan berubah-ubah karena kecepatan dan kepadatan berubah-ubah.

Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum tercapai). Hubungan keduanya di tunjukan pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Volume dan Kecepatan

Analisa Volume-Delay Function

Analisa *Volume-Delay Function* merupakan hubungan yang ditetapkan antara volume kendaraan / arus lalu lintas dengan waktu tempuh perjalanan (*travel time*). Besarnya waktu tempuh pada suatu ruas jalan sangat tergantung dari besarnya arus dan kapasitas ruas jalan tersebut. Fungsi volume-tundaan merupakan elemen penting yang perlu dihitung ketika melakukan pembebanan lalu lintas pada suatu jaringan jalan (*travel time*).

Persamaan ini menggunakan fungsi persamaan model dari *Bureau of Publik Roads* (BPR), bisa dilihat pada persamaan 6:

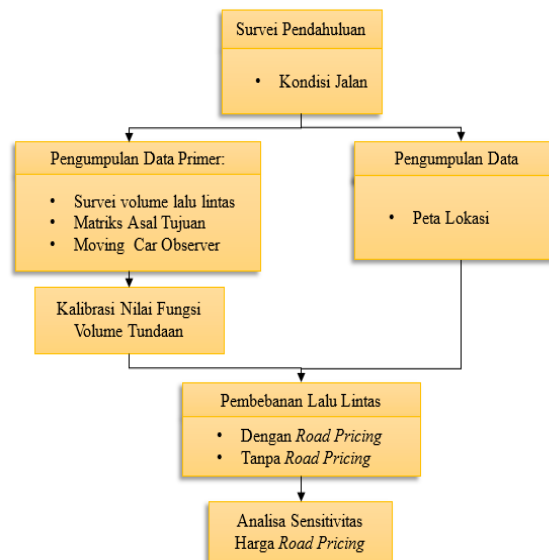
$$t_a(x_a) = t_a^0 \left(\left(1 + \alpha \frac{x_a}{c_a} \right)^\beta \right) \dots \dots \dots 6$$

Dimana :

- $t_a(x_a)$ = Waktu tempuh rata-rata
- t_a^0 = Waktu tempuh arus bebas
- x_a = Volume lalu lintas
- c_a = Kapasitas
- α, β = Parameter

METODOLOGI PENELITIAN

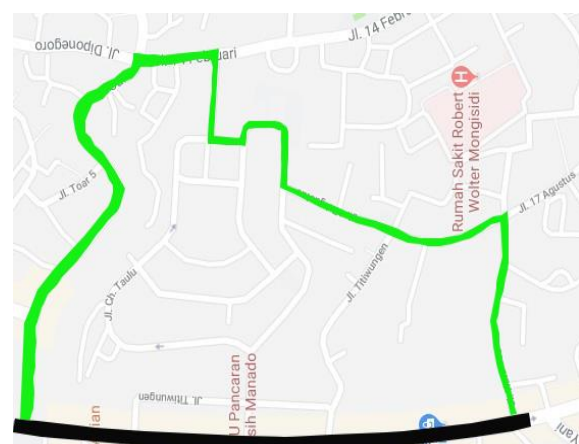
Alur Penelitian



Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini, lokasi penelitian dilakukan pada ruas Jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat. Lokasi penelitian bisa dilihat pada gambar 5.

- Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat
- Jl. Toar - Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat



Gambar 3. Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps

Waktu Pengambilan Data

Waktu pengambilan data dilakukan selama 3 hari, untuk volume lalu lintas mulai dari jam 06.00 – 21.00, yaitu Senin, 19 Maret 2018, Rabu, 21 Maret 2018, dan Sabtu, 24 Maret 2018.

Data dan Metode Pengumpulan Data

A. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti atau pihak pertama. Dalam hal ini penulis memperoleh data primer dari hasil survei di lapangan.

a. Volume

Untuk mendapatkan data volume lalu lintas diperoleh dengan menggunakan alat hitung manual (*hand counter*). Setiap kendaraan yang lewat di titik - titik lokasi penelitian dihitung dengan alat ini, dan hitungan diambil untuk setiap interval waktu 15 menit. Jenis kendaraan yang diamati yaitu kendaraan ringan (*Light Vehicle*), kendaraan berat (*Heavy Vehicle*), dan sepeda motor (*Motorcycle*), lalu diequivalenkan dengan satuan mobil penumpang (smp).

b. Matriks Asal Tujuan

Matriks Asal Tujuan atau O-D Matrix diperoleh dari data volume lalu lintas Jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat

c. Moving Car Observer

Moving Car Observer diperoleh dari data mengenai kecepatan lalu lintas. Survei ini dilakukan pada ruas Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat selama 3 hari. Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Formulir survei, sebagai tempat untuk menuliskan data yang di dapat di lapangan.
2. Peralatan tulis-menulis, untuk menulis di formulir survei.
3. *Hand counter*, untuk menghitung jumlah kendaraan yang lewat.

d. Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan bisa dilihat di persamaan 8

$$V_w = \frac{(N_e + O_w - P_w)}{T_w \times 2} \dots \dots \dots 8$$

B. Data Sekunder

Data Sekunder yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dalam penelitian atau pihak lain yang terkait dengan objek yang diteliti. Data ini bisa diperoleh dari studi literatur berupa buku, referensi, dokumen, dan sebagainya yang berfungsi untuk melengkapi data primer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Survey

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan data primer berupa data waktu tempuh dan data volume lalu lintas. Adapun pengambilan data dilakukan dalam periode waktu 3 (tiga) hari mulai dari hari Senin, 19 Maret 2018, Rabu, 21 Maret 2018 dan Sabtu, 24 Maret 2018 selama 15 jam (06.00 s/d 21.00).

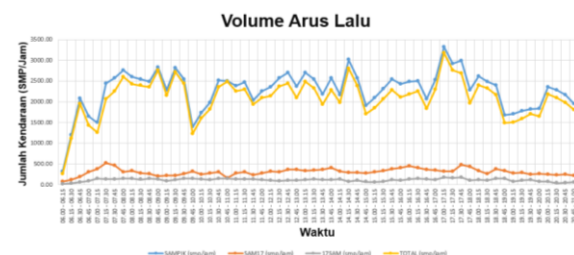
Pengumpulan data diperoleh dari hasil survey di lapangan yang terbagi menjadi dua yaitu dengan metode MCO (*Moving Car Observer*) yang diolah untuk mendapatkan data waktu tempuh, dan data volume lalu lintas yang didapat dengan menggunakan formulir survey yang telah disediakan

Analisa Perhitungan Volume Lalu Lintas

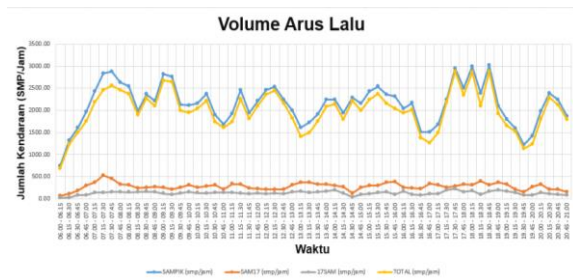
Untuk mendapatkan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (smp), data kendaraan tiap 15 menit dari hasil survey dikalikan dengan faktor ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk tiap jenis kendaraan dan dijumlahkan, maka diperoleh volume lalu lintas tiap 15 menit. Ekivalensi mobil penumpang (emp) masing-masing kendaraan untuk jalan empat lajur terbagi menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah sebagai berikut :

1. Kendaraan Berat (HV) = 1,3
2. Kendaraan Ringan (LV) = 1,0
3. Sepeda Motor (MC) = 0,40

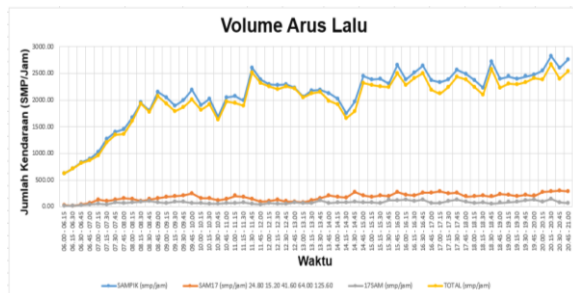
Dari hasil survei yang dilakukan untuk mendapatkan data arus lalu lintas setiap 15 menit pada hari Senin tanggal 19 Maret 2018, Rabu 21 Maret 2018, dan Sabtu 24 Maret 2018 pada ruas jalan Sam Ratulangi yang dibatasi dari depan Gereja Katedral sampai di Pertigaan Pikat yang kemudian telah di konversikan kedalam satuan mobil penumpang (smp). Berikut ini grafik hubungan total kendaraan pada hari Senin, 19 Maret 2018, Rabu, 21 Maret 2018, dan Sabtu, 24 Maret 2018 dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Grafik Volume Lalu Lintas Senin, 19 Maret 2018



Gambar 5. Grafik Volume Lalu Lintas Rabu, 21 Maret 2018



Gambar 6. Grafik Volume Lalu Lintas Sabtu, 24 Maret 2018

Analisa Waktu Tempuh

Dalam perhitungan waktu tempuh yang menggunakan metode *Moving Car Observer (MCO)* digunakan rumus seperti pada persamaan 9 :

$$V_w = \frac{(N_e + O_w - P_w)}{T_w \times 2} \dots\dots\dots 9$$

Berdasarkan hasil analisa didapat waktu tempuh terbesar untuk jalan Sam Ratulangi pada hari Rabu, 21 Maret 2018 adalah 4,275 menit yang berada pada kisaran jam 17:00 WITA (*peak hour*) di jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat. Dan untuk waktu tempuh terkecil diperoleh 2,155 pada kisaran jam 8:00 (*off peak hour*). Sedangkan untuk jalan Toar – Jalan 17 Agustus – Pertigaan Pikat, waktu tempuh terbesar yaitu pada hari Rabu, 21 Maret 2018 dengan waktu tempuh selama 12,214 yang berada pada kisaran jam 13.00 WITA (*peak hour*). Dan untuk waktu tempuh terkecil diperoleh 2,527 pada kisaran 08.45 (*off peak hour*).

Kalibrasi Nilai Alfa dan Beta untuk Volume - Delay Function

Kalibrasi nilai alfa dan beta dilakukan karena nilai alfa dan beta tetapan belum tentu sesuai dengan keadaan dan kondisi yang ada di koridor Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat dan juga Jl. Sam Ratulangi – Jl. Toar – Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat.

Dari hasil T_0 dan C_a yang didapatkan di lapangan serta data volume lalu lintas dan waktu tempuh yang telah ada, didapatkan perhitungan *Sum of Squared Error (SSE)* yang akan digunakan sebagai nilai objektif. Selanjutnya dengan bantuan Solver yang merupakan fasilitas dari Microsoft Excel, bisa didapatkan nilai alfa dan beta yang tepat untuk kondisi Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat dan juga Jl. Sam Ratulangi – Jl. Toar – Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat. Nilai alfa dan beta untuk tiap ruas jalan dan perhitungan *Sum of Squared Error* selengkapnya bisa dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. *Sum of Squared Error* Senin, 19 Maret 2018 Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat

Sum of squared error (SSE)							
No	T_0 (Jam)	C (smp/jam)	Q_i (smp/jam)	$t_{measured}$ (Jam)	$t_{predicted}$ (Jam)	Error	Squared Error
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)-(5)	(7)=(6) ²
1	0,0471833	3008,00	2268,80	0,0472	0,0577792	-0,010609	0,000112549
2	0,0471833	3008,00	2263,60	0,0525	0,0577767	-0,005317	2,82686E-05
3	0,0471833	3008,00	2263,60	0,0579	0,0577767	0,000100	9,96964E-09
4	0,0471833	3008,00	2214,80	0,0496	0,057528	-0,007978	6,36524E-05
5	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0489	0,059555	-0,010622	0,00011283
6	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0516	0,059555	-0,007989	6,38211E-05
7	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0489	0,059555	-0,010622	0,00011283
8	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0695	0,059555	0,009978	9,95576E-05
9	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0569	0,059555	-0,002672	7,14037E-06
10	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0708	0,059555	0,011278	0,00012719
11	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0621	0,059555	0,002528	6,39004E-06
12	0,0471833	3008,00	2628,00	0,0635	0,059555	0,003961	1,5691E-05
13	0,0471833	3008,00	2718,40	0,0651	0,060001	0,005049	2,54919E-05
14	0,0471833	3008,00	2285,60	0,0573	0,057874	-0,000591	3,49418E-07
15	0,0471833	3008,00	2170,40	0,0629	0,057311	0,005539	3,06761E-05
16	0,0471833	3008,00	3008,00	0,0637	0,061433	0,002234	4,98946E-06
17	0,0471833	3008,00	2103,20	0,0693	0,056984	0,012266	0,000150465
18	0,0471833	3008,00	2049,60	0,0604	0,056722	0,003694	1,36472E-05
						SSE =	0,000975549

Tabel 4. *Sum of Squared Error* Rabu, 21 Maret 2018 Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat

Sum of squared error (SSE)							
No	T_0 (Jam)	C (smp/jam)	Q_i (smp/jam)	$t_{measured}$ (Jam)	$t_{predicted}$ (Jam)	Error	Squared Error
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)-(5)	(7)=(6) ²
1	0,0359167	2708,00	2230,80	0,0359	0,05302	-0,017107	0,000292646
2	0,0359167	2708,00	2230,80	0,0399	0,05302	-0,013157	0,000173104
3	0,0359167	2708,00	1740,80	0,0364	0,04947	-0,013084	0,000171184
4	0,0359167	2708,00	2113,60	0,0364	0,05218	-0,015828	0,000250513
5	0,0359167	2708,00	2113,60	0,0388	0,05218	-0,013378	0,000178961
6	0,0359167	2708,00	2554,80	0,0385	0,05535	-0,016849	0,000283878
7	0,0359167	2708,00	2554,80	0,0457	0,05535	-0,009665	9,34187E-05
8	0,0359167	2708,00	2094,80	0,0486	0,05204	-0,003458	1,196E-05
9	0,0359167	2708,00	1703,20	0,0557	0,04919	0,006475	4,19235E-05
10	0,0359167	2708,00	1979,20	0,0590	0,0512	0,007779	6,05175E-05
11	0,0359167	2708,00	2168,80	0,0691	0,05258	0,01654	0,000273581
12	0,0359167	2708,00	2168,80	0,0648	0,05258	0,012257	0,000150233
13	0,0359167	2708,00	1785,20	0,0624	0,04979	0,012575	0,000158133
14	0,0359167	2708,00	1923,20	0,0660	0,0508	0,015203	0,000231125
15	0,0359167	2708,00	2655,20	0,0735	0,05607	0,017451	0,000304545
16	0,0359167	2708,00	2708,00	0,0713	0,05644	0,014808	0,000219284
						SSE =	0,002895005

Tabel 5. *Sum of Squared Error* Sabtu, 24 Maret 2018 Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat

Sum of squared error (SSE)							
No	T ₀ (Jam)	c (smp/jam)	Q _i (smp/jam)	t _{measured} (Jam)	t _{predicted} (Jam)	Error	Squared Error
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)-(5)	(7)=(6) ²
1	0,0393167	2526,80	1870,00	0,0393	0,044955	-0,0056383	3,17905E-05
2	0,0393167	2526,80	1692,80	0,0405	0,044489	-0,0040219	1,61757E-05
3	0,0393167	2526,80	1692,80	0,0500	0,044489	0,0055114	3,03758E-05
4	0,0393167	2526,80	1781,60	0,0458	0,044723	0,0011103	1,23269E-06
5	0,0393167	2526,80	1902,80	0,0445	0,045041	-0,0005240	2,74554E-07
6	0,0393167	2526,80	1807,20	0,0471	0,044790	0,0023096	5,33434E-06
7	0,0393167	2526,80	2458,40	0,0439	0,046465	-0,0026148	6,83714E-06
8	0,0393167	2526,80	2135,60	0,0574	0,045643	0,0117400	0,000137828
9	0,0393167	2526,80	2051,20	0,0399	0,045426	-0,0055425	3,07197E-05
10	0,0393167	2526,80	2236,00	0,0425	0,045900	-0,0034338	1,1791E-05
11	0,0393167	2526,80	2304,40	0,0486	0,046075	0,0025419	6,46115E-06
12	0,0393167	2526,80	2374,40	0,0521	0,046252	0,0058475	3,41935E-05
13	0,0393167	2526,80	2303,20	0,0440	0,046072	-0,0020551	4,2233E-06
14	0,0393167	2526,80	2526,00	0,0462	0,046635	-0,0004683	2,19294E-07
15	0,0393167	2526,80	2276,80	0,0403	0,046005	-0,0057045	3,25417E-05
16	0,0393167	2526,80	2526,80	0,0476	0,046637	0,0009630	9,27436E-07
						SSE =	0,000350926

Tabel 6. *Sum of Squared Error* Senin, 19 Maret 2018 Jl. Sam Ratulangi – Jl. Toar – Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat

Sum of squared error (SSE)							
No	T ₀ (Jam)	c (smp/jam)	Q _i (smp/jam)	t _{measured} (Jam)	t _{predicted} (Jam)	Error	Squared Error
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)-(5)	(7)=(6) ²
1	0,05720	1569,00	944	0,0572	0,08595	-0,02874609	0,000826338
2	0,05720	1569,00	899	0,0578	0,08355	-2,5716E-02	6,61303E-04
3	0,05720	1569,00	939	0,0596	0,08568	-0,02604191	0,000678181
4	0,05720	1569,00	965	0,0581	0,08710	-0,0290459	0,000843664
5	0,05720	1569,00	1409	0,1079	0,11590	-0,00804955	6,47952E-05
6	0,05720	1569,00	1462	0,1081	0,11989	-0,01180988	0,000139473
7	0,05720	1569,00	1465	0,1147	0,12012	-0,00542271	2,94058E-05
8	0,05720	1569,00	1569	0,0918	0,12831	-0,03652188	0,001333848
9	0,05720	1569,00	1206	0,1277	0,10168	0,02599986	0,000675993
10	0,05720	1569,00	1201	0,1615	0,10136	0,06011141	0,003613381
11	0,05720	1569,00	1532	0,1162	0,12534	-0,00916052	8,39152E-05
12	0,05720	1569,00	1493	0,1072	0,12228	-0,01513246	0,000228991
13	0,05720	1569,00	1473	0,1426	0,12074	0,02186348	0,000478012
14	0,05720	1569,00	1432	0,1369	0,11762	0,01928153	0,000371777
15	0,05720	1569,00	1244	0,1576	0,10421	0,05337063	0,002848424
						SSE =	0,012877502

Tabel 7. *Sum of Squared Error* Rabu, 21 Maret 2018 Jl. Sam Ratulangi – Jl. Toar – Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat

Sum of squared error (SSE)							
No	T ₀ (Jam)	c (smp/jam)	Q _i (smp/jam)	t _{measured} (Jam)	t _{predicted} (Jam)	Error	Squared Error
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)-(5)	(7)=(6) ²
1	0,0421167	1462,00	947	0,0507	0,060895	-0,01019505	0,00010394
2	0,0421167	1462,00	921	0,0586	0,058500	0,00013288	0,00000002
3	0,0421167	1462,00	1282	0,0421	0,124950	-0,08283375	0,00686143
4	0,0421167	1462,00	1168	0,0462	0,094600	-0,04838341	0,00234095
5	0,0421167	1462,00	1182	0,1303	0,097756	0,03249447	0,00105589
6	0,0421167	1462,00	1228	0,1222	0,109202	0,01296488	0,00016809
7	0,0421167	1462,00	1217	0,1150	0,106308	0,00872515	0,00007613
8	0,0421167	1462,00	1446	0,1743	0,191529	-0,01727873	0,00029855
9	0,0421167	1462,00	1383	0,1735	0,162229	0,01127093	0,00012703
10	0,0421167	1462,00	1462	0,2024	0,199806	0,00261020	0,00000681
11	0,0421167	1462,00	1423	0,1869	0,180239	0,00666085	0,00004437
12	0,0421167	1462,00	1320	0,1560	0,137697	0,01831946	0,00033560
13	0,0421167	1462,00	1273	0,1540	0,122140	0,03186032	0,00101508
14	0,0421167	1462,00	1246	0,1412	0,114160	0,02704010	0,00073117
						SSE =	0,013165066

Tabel 8. *Sum of Squared Error* Sabtu, 24 Maret 2018 Jl. Sam Ratulangi – Jl. Toar – Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat

Sum of squared error (SSE)							
No	T ₀ (Jam)	c (smp/jam)	Q _i (smp/jam)	t _{measured} (Jam)	t _{predicted} (Jam)	Error	Squared Error
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)-(5)	(7)=(6) ²
1	0,0517667	1471,00	1019	0,05493	0,085325	-0,03039129	0,00092363
2	0,0517667	1471,00	1159	0,05177	0,095099	-0,04333201	0,00187766
3	0,0517667	1471,00	1098	0,05465	0,090688	-0,03603774	0,00129872
4	0,0517667	1471,00	912	0,05702	0,078690	-0,02167344	0,00046974
5	0,0517667	1471,00	1342	0,11920	0,109740	0,00945975	0,00008949
6	0,0517667	1471,00	1128	0,12938	0,092828	0,03655564	0,00133632
7	0,0517667	1471,00	1291	0,12703	0,105448	0,02158575	0,00046594
8	0,0517667	1471,00	1363	0,10417	0,111555	-0,00738878	0,00005459
9	0,0517667	1471,00	1232	0,12498	0,100686	0,02429724	0,00059036
10	0,0517667	1471,00	1220	0,12133	0,099745	0,02158881	0,00046608
11	0,0517667	1471,00	1471	0,08567	0,121329	-0,03566270	0,00127183
12	0,0517667	1471,00	1339	0,11503	0,109483	0,00555013	0,00003080
13	0,0517667	1471,00	1345	0,11148	0,109988	0,00148547	0,00000221
14	0,0517667	1471,00	1212	0,11877	0,099122	0,01964481	0,00038592
15	0,0517667	1471,00	1078	0,11692	0,089293	0,02762397	0,00076308
						SSE =	0,010026365

Pembebanan Volume Lalu Lintas

Pembebanan lalu lintas dilakukan dengan menggunakan prinsip *Deterministic User Equilibrium* yang berdasarkan pada Prinsip Keseimbangan I Wardrop (1952). Sedangkan untuk fungsi volume – tundaan (*volume delay function*) digunakan sebuah fungsi yang dikembangkan oleh *The Bureau of Public Roads* (BPR) atau yang dikenal dengan BPR *volume-delay function*. Fungsi ini dirumuskan seperti persamaan 10 :

$$t_a(x_a) = t_a^0 \left(1 + \alpha \left(\frac{x_a}{c_a} \right)^\beta \right) \dots \dots \dots 10$$

Berdasarkan jenis dan lebar jalan maka diadakan penyesuaian–penyesuaian untuk nilai parameter α dan β . Data masing-masing ruas jalan untuk fungsi volume-tundaan diberikan oleh Tabel 9.

Tabel 9. Data dan Fungsi untuk Kinerja Ruas Jalan

Link Previous						
Route	Hari Survey	ta0 menit	ca smp/jam	α	β	SSE
1	Senin	2.831	3008.00	0.302005	1.046134	0.00097555
2		3.432	1569.00	1.243098	1.782556	0.01287750
1	Rabu	2.155	2708.00	0.571464	0.939727	0.00289501
2		2.527	1462.00	3.744119	4.900096	0.01316507
1	Sabtu	2.359	2526.80	0.186188	0.86729	0.00035093
2		3.106	1471.00	1.343774	1.98560	0.01002637

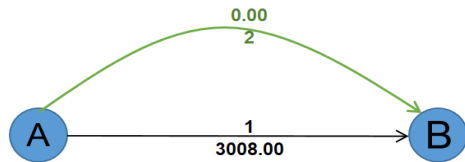
Matriks asal tujuan dalam studi ini diturunkan dari estimasi volume lalu lintas (yang dihasilkan dalam kegiatan survey volume lalu lintas Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat. Matriks asal tujuan ditampilkan dalam Tabel 10.

Tabel 10. O-D Matrix

OD Matrix		
	A	B
A	0	3008.00
B	0	0

Analisa traffic tanpa road pricing

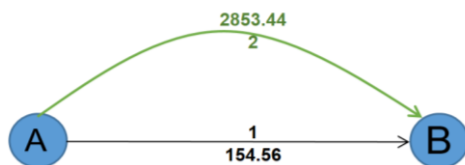
Perhitungan dilakukan secara bertahap mulai dari membuat *link* untuk tiap rute, menentukan rute hingga akhirnya didapatkan hasil pembebanan volume lalu lintas tiap-tiap jalur untuk pemodelan tahun 2018.



Gambar 7. Tanpa Road Pricing

Analisa traffic dengan road pricing

Perhitungan dilakukan secara bertahap mulai dari membuat *link* untuk tiap rute, menentukan rute hingga akhirnya didapatkan hasil pembebanan volume lalu lintas tiap-tiap jalur untuk pemodelan tahun 2018.



Gambar 8. Dengan Road Pricing Rp 8.000

Analisa Sensitivitas

Selanjutnya, untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melewati jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat perlu dilakukan analisa sensitivitas berdasarkan gaji pekerja di Sulawesi Utara per 60 menit atau 1 jam.

Dari data yang didapat melalui Badan Pusat Statistik (BPS) diketahui bahwa jumlah penduduk usia produktif adalah 320.906 jiwa dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Manado 2016 adalah 21,19 triliun rupiah atau Rp. 21.190.000.000.000,-. Dan karena PDRB tersebut untuk setahun maka diasumsikan bahwa PDRB untuk 1 bulan adalah $\text{Rp.} 21.190.000.000.000 / 12 = \text{Rp.} 1.765.833.333.333,-$.

Diasumsikan juga bahwa jam kerja per hari adalah 9 jam dari pukul 08:00 - 17:00 selama 5 hari dalam seminggu atau 20 hari kerja dalam 1 bulan, maka didapat 180 jam kerja / bulan.

Upah pekerja rata-rata untuk 1 bulan dan untuk 1 jam:

$$\frac{\text{Rp } 1.765.833.333.333}{320.906 \text{ jiwa}} = \text{Rp } 5.502.649,79 / \text{bulan}$$

$$\frac{\text{Rp } 5.502.649,79}{180 \text{ jam}} = \text{Rp } 30.570 \approx \text{Rp } 31.000 / \text{jam}$$

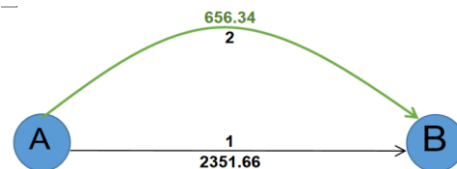
Jika Rp. 31.000 = 60 menit maka untuk Rp 8000 dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini :

$$\frac{\text{Rp } 31.000}{60 \text{ menit}} = \text{Rp } 516,667 / \text{menit}$$

$$\frac{\text{Rp } 9000}{\text{Rp } 516,667 / \text{menit}} = 15,4 \text{ menit} = 16 \text{ menit}$$

Maka didapatkan penerapan *Road Pricing* adalah 16 menit yang ditambahkan pada waktu tempuh Jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat di perhitungan pembebanan lalu lintas. Setelah itu dilakukan analisa sensitivitas tarif *road pricing* dengan rincian hasil seperti pada tabel 11:

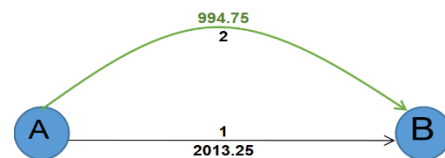
a. Untuk Rp. 500 :



Rute 1 : Jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat

Rute 2 : Jalan Toar – Jalan 17 Agustus – Pertigaan Pikat

b. Untuk Rp. 1000 :



Rute 1 : Jalan Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat

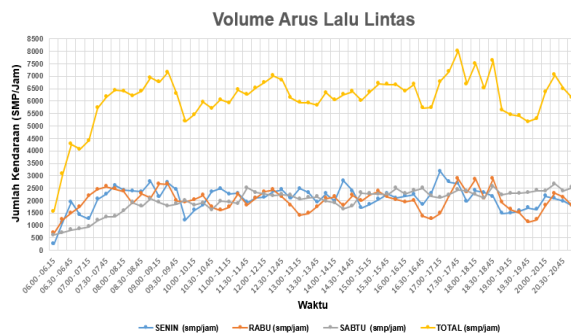
Rute 2 : Jalan Toar – Jalan 17 Agustus – Pertigaan Pikat

Tabel 11. Analisa Sensitivitas tarif *road pricing*

Harga Road Pricing	JL. SAM RATULANGI - PERTIGAAN PIKAT	JL. SAM RATULANGI - JL. TOAR - JL. 17 AGUSTUS - PERTIGAAN PIKAT
500	2351,66	656,34
1000	2013,25	994,75
1500	1765,68	1242,32
2000	1562,16	1445,84
2500	1386,09	1621,91
3000	1229,26	1778,74
4000	955,98	2052,02
5000	720,61	2287,39
6000	512,30	2495,70
7000	324,82	2683,18
8000	154,56	2853,44

Pembahasan

Seperti sudah disebutkan di atas, penerapan *road pricing* adalah sebuah alternatif untuk mengurangi masalah kemacetan. Tapi dikarenakan Kota Manado belum layak diterapkan *road pricing* maka hal yang ditinjau adalah dari segi lalu lintas sehingga digunakan metode pembebanan lalu lintas dengan prinsip Keseimbangan I Wardrop. Dalam penelitian ini, hal yang pertama dilakukan adalah perhitungan volume dan *moving car observer*. Dari data perhitungan diperoleh volume dan *moving car observer* selanjutnya akan dihitung analisa sensitivitas untuk mendapatkan harga *road pricing*. Pada gambar 9 bisa dilihat bahwa volume lalu lintas yang melewati Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat setelah itu dilakukan perhitungan analisa sensitivitas.



Gambar 9. Grafik Volume Arus Lalu Lintas

Setelah didapat perhitungan volume dan *moving car observer* maka dilanjutkan pada perhitungan analisa sensitivitas. Pada gambar 10 menjelaskan pengaruh *road pricing* terhadap Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat.



Gambar 10. Grafik Volume setelah Diterapkan Road Pricing pada Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat

Untuk gambar 11 menjelaskan tentang dampak dari penerapan *road pricing* di Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat yang mengakibatkan

perpindahan volume dari Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat ke Jl. Toar – Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat. Untuk garis berwarna biru pada gambar 11 menyatakan penurunan volume setelah di naikan harga *road pricing* sedangkan garis warna orange menggambarkan tentang kenaikan volume pada Jl. Sam Ratulangi – Jl. Toar – Jl. 17 Agustus – Pertigaan Pikat setelah diterapkan *road pricing* pada Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat. Garis warna biru menunjukkan penurunan volume lalu lintas di Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan akibat diterapkan *road pricing*. Untuk garis warna orange hanya perpindah volume tanpa ada pengaruh *road pricing* di rute 2. Rute 2 mengalami peningkatan setelah rute 1 diterapkan *road pricing*.

Ketika tarif *road pricing* dinaikan sebesar Rp. 500,- menyebabkan perpindahan volume dari rute 1 ke rute 2 sebesar 656,34 smp/jam. Dinaikan lagi sebesar Rp. 1.000,- menyebabkan perpindahan sebesar 994,75 smp/jam. Dari gambar 11 menunjukkan semakin dinaikan harga *road pricing* maka terjadi penurunan volume pada Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat.



Gambar 11 Grafik Hubungan Antara Volume Kendaraan dan Harga Road Pricing

Ketika diterapkan *road pricing* pada Jl. Sam Ratulangi tidak dimaksudkan untuk membuat jalan itu menjadi kosong/tidak ada kendaraan sama sekali. Yang menjadi kontribusi dari penerapan *road pricing* ini adalah menghilangkan kemacetan dan membuat V/C menjadi setengah dari kapasitas. Dan biasanya jalan yang V/C sudah menjadi setengah dari kapasitas sudah tidak menjadi macet. Pengaruh setelah diterapkan *road pricing* ingin mengetahui berapa perpindahan volume dari rute 1 ke rute 2 sehingga jalan tidak macet.

Dari hasil analisa sensitivitas dapat disimpulkan untuk harga *road pricing* yang optimu ada pada harga Rp. 2.500,-.

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahwa:

1. Penerapan *road pricing* dapat memberikan kontribusi positif dalam mengurangi kemacetan sehingga arus lalu lintas dapat berjalan dengan normal sesuai dengan harapan dan kebutuhan masyarakat.
2. Dengan penerapan *road pricing* yang tepat sehingga dapat mengurangi tingkat kemacetan arus lalu lintas maka dapat diperoleh nilai *road pricing* yang tepat pula.

Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka disarankan:

1. Hasil penelitian ini dapat memberikan solusi terhadap kemacetan yang terjadi di Kota Manado sebagaimana dalam perhitungan didapat harga *road pricing* yang optimum sebesar Rp. 2.500,-. Sehingga melalui harga optimum ini bisa dijadikan rujukan untuk harga awal jika *road pricing* akan di terapkan di Kota Manado.
2. Penelitian pengaruh penerapan *road pricing* pada ruas jalan arteri primer di Kota Manado dengan studi kasus Jl. Sam Ratulangi – Pertigaan Pikat ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada pengembangan ilmu teknik sipil bidang transportasi dan juga dapat bermanfaat bagi pemerintah Kota Manado untuk dijadikan solusi dalam mengatasi kemacetan

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous,. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Dirjen Bina Marga, Jakarta.
- Anonymous. 1964. *Traffic Assignment Manual*. The Bureau of Public Roads (BPR). Dept of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C.
- Anonymous. 2010. *Road Pricing*. https://en.wikipedia.org/wiki/Road_pricing Diakses 22 Agustus 2019
- Anonymous. 2017. *Manado Dalam Angka 2017*. Badan Pusat Statistik.
- Ortuzar, J.D. and Willumsen, L.G. 1994. *Modelling Transport, Second Edition*. John Wiley & Sons.
- Pane, Fanto. 2018. *Analisa Perbandingan Panjang Antrian Menggunakan Teori Antrian dan Analisa Gelombang Kejut di Loket Keluar Kendaraan Kawasan Megamas Manado*. Jurnal Sipil Statik Universitas Sam Ratulangi
- Politon, Natalie Chen. 2017. *Pengaruh Pembangunan Jalan Soekarno Terhadap Pembebanan Lalu Lintas Di Jalan Tol Manado – Bitung*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9 Universitas Sam Ratulangi
- Pratama, Oktioza. 2012. *Analisa Rencana Penerapan Electronic Road Pricing (ERP) pada sektor transportasi terhadap kota Jakarta menggunakan pendekatan system dinamis*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Susantono, Bambang. 2010. *Electronic Road Pricing (ERP) Salah Satu Masalah Kemacetan di Kota Jakarta*. <http://bulleting.penataanruang.net>. Diakses 19 Juni 2018
- Tamin, O. Z., 1997. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh Soal dan Aplikasi*, Penerbit ITB, Bandung.
- Wardrop, J.G. 1952. *Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol II, pp 325–3.